我国西南地区肉禽配合饲料中霉菌毒素的污染分布规律

李雅伶[1] 王建萍[1] 李 云[2] 丁雪梅[1] 白世平[1] 曾秋凤[1] 程传民[2] 高庆军[2] 柏 凡[2*] 张克英[1*]

（1.四川农业大学动物营养研究所，成都 611130；2.农业部饲料质量监督检验测试中心（成都），成都 610041）

摘 要：本研究旨在了解我国西南地区肉禽配合饲料中霉菌毒素的污染分布规律。从西南地区（四川、重庆、贵州、广西和云南）不同规模饲料厂随机抽取 100 份肉禽（肉小鸭前期、肉仔鸡前期和肉仔鸡后期）配合饲料样品，用酶联免疫吸附试验（ELISA）试剂盒初筛和高效液相色谱法复查测定样品中黄曲霉毒素 B_1(AFB_1)、玉米赤霉烯酮（ZON）、呕吐毒素（DON）和伏马毒素（FB）的含量。结果表明，肉禽配合饲料中 AFB_1、DON、ZON 和 FB 的检出率分别为 89%、96%、85%和 94.74%，AFB_1 和 ZON 的超标率分别为 18%和 5%，而 DON 和 FB 无超标样品；不同地区的肉禽配合饲料中 AFB_1、DON 和 ZON 的平均含量之间存在差异，其中，肉禽配合饲料中 AFB_1 含量最高的是重庆（11.76 μg/kg），DON 含量最高的是四川（1.23 mg/kg），ZON 含量最高的是云南（0.26 mg/kg）；不同品种的肉禽配合饲料中 AFB_1 含量由高到底依次是肉小鸭前期、肉仔鸡后期和肉仔鸡前期配合饲料，DON 和 FB 含量最高的是肉仔鸡前期配合饲料，而 ZON 含量最高的是肉仔鸡后期配合饲料，不同品种肉禽配合饲料中 4 种霉菌毒素含量均差异不显著（P>0.05）；从不同规模饲料厂来看，大规模饲料厂（年产量>10 万 t）的饲料产品的污染水平比小规模饲料厂（年产量 2 万~5 万 t）低，但是不同规模饲料厂肉禽配合饲料中 4 种霉菌毒素的含量均差异不显著（P>0.05）。由此可见，我国西南地区肉禽配合饲料普遍受到 AFB_1、DON、ZON 和 FB 的污染，其中 AFB_1 的超标率较高，4 种霉菌毒素在不同地区、不同品种和不同饲料厂规模的饲料产品中的含量之间存在差异。

关键词：肉禽；配合饲料；霉菌毒素；西南地区；分布规律

中图分类号: S816.33 文献标识码: 文章编号:

收稿日期：2015-08-07

基金项目：农业部专项项目——饲料产品中霉菌毒素污染状况摸底调查；科技部及四川省科技厅科技支撑项目（2014BAD13B04，2014NZ0043）

作者简介：李雅伶（1990—），女，安徽宿州人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学专业研究。E-mail: 1442118326@qq.com

*通信作者：柏 凡，研究员，硕士生导师，E-mail: baifan-111@163.com；张克英，教授，博士生导师，E-mail: zkeying@sicau.edu.cn

霉菌毒素是饲料或谷物中霉菌所产生的次级有毒代谢产物，在各种食品与饲料中广泛存在和危害最大的霉菌毒素主要有黄曲霉毒素B_1（AFB_1）、呕吐毒素（DON）、玉米赤霉烯酮（ZON）和伏马毒素（FB）等，霉菌毒素对人和动物具有广泛的毒性作用，急性中毒会严重损害机体的健康状况，并最终导致动物死亡；亚急性中毒会使动物的生长受阻，免疫功能受损等；慢性中毒则可能会引发肿瘤。饲料霉变产生的霉菌毒素除严重影响畜禽生产性能外，还可造成霉菌毒素在体内各组织器官的残留，进而影响动物源性食品的安全。

据联合国粮食及农业组织（FAO）估计，全世界每年谷物产量的 25%受到霉菌毒素污染，敖志刚等[1]报道，我国饲料原料霉菌毒素污染检出率为 90%以上，超标的比例高达 60%以上。目前对于西南地区的肉禽配合饲料产品中的霉菌毒素污染分布规律还未见相关的报道。因此本研究的目的是了解西南地区不同省市肉禽配合饲料产品中的霉菌毒素分布规律，不同品种肉禽配合饲料中霉菌毒素的分布规律及不同规模饲料厂肉禽配合饲料中的霉菌毒素分布规律；并为帮助企业对霉菌毒素进行污染防护，保障养殖动物及其产品安全提供一定的科学依据。

1　材料与方法

1.1　样品采集

从西南地区（四川省、重庆市、云南省、贵州省和广西省）的不同规模饲料厂（年产量 2 万~5 万 t、5 万~10 万 t 和 10 万 t 以上）里采集肉禽（肉仔鸡前期、肉仔鸡后期和肉小鸭前期）配合饲料共计 100 个样品。采样时间为 2014 年 8 月到 2014 年 10 月，抽样方法参照《饲料采样》（GB/T 14699.1-2005）进行，抽样时戴一次性手套，多点采样，不同样品间更换手套，并随时清洁采样工具，每份样品不少于 1 000 g，粉碎后过 20 目筛，样品在检测前置于-20 ℃下密封保存。

1.2　样品分析

样品检测时统一采用 ROMER 公司的酶联免疫吸附试验（ELISA）试剂盒用酶标分析

仪（DNM 9602）进行初筛检测。所有样品检测 AFB_1、ZON 和 DON 含量，19 个样品检测 FB 含量。高效液相色谱法（HPLC）方法灵敏度高，回收率高，重复性好[2]。初筛结果达到限量值 80%以上的全部样品再用高效液相色谱（Agilent 1100，美国）采用免疫亲和柱-高效液相色谱法进行检测。

1.3 数据统计及处理

数据用 SPSS 17.0 一般线性模型（GLM）进行方差分析，结果用“平均值±标准差”表示，用 Duncan 氏法进行多重比较，P<0.05 时表示差异显著，P<0.01 时表示差异极显著。

1.4 限量标准及检测方法

限量标准及检测方法详见表 1。

表 1 肉禽配合饲料中各种霉菌毒素的限量标准和仪器检测方法

Table 1 Limited standards and detection methods of mycotoxins in meat-type poultry feeds

毒素名称 Toxins name	试剂盒检出限 Limit of detection	判定依据 Reference	饲料名称 Feed name	检测方法 Detection method	限量值 Limit value
黄曲霉毒素 B_1 AFB_1	2 μg/kg	GB 13078—2001	肉仔鸡后期配合饲料 肉小鸭前期、肉仔鸡前期配合饲料	GB/T 30955—2014	≤20 μg/kg ≤10 μg/kg
呕吐毒素 DON	0.2 mg/kg	GB 13078.3—2007	家禽配合饲料	GB/T 30956—2014	≤5 mg/kg
玉米赤霉烯酮 ZON	0.02 mg/kg	GB 13078.2—2006	家禽配合饲料	GB/T 28716—2012	≤0.5 mg/kg
伏马毒素（B_1+B_2） FB	0.2 mg/kg	修订中的饲料卫生标准	家禽配合饲料	NY/T 1970—2010	≤20 mg/kg

GB/T 表示国家标准，NY/T 表示行业标准。NY/T was industry standard and GB/T was national standard.

2 结果与分析

总体来看（表 2），肉禽配合饲料中 AFB_1 和 ZON 的检出率在 80%以上，而 DON、FB 的检出率均在 90%以上。肉禽配合饲料中 AFB_1 超标率最高为 18%，其他 3 种毒素超标率均在 10%以下。AFB_1 和 ZON 的阳性平均值分别为 28.73 μg/kg 和 0.61 mg/kg。

2.1 不同品种肉禽配合饲料霉菌毒素检出情况

由表 3 可知，3 种肉禽饲料中 AFB_1 的检出率均在 88%左右，肉仔鸡后期饲料中 AFB_1 超标率最高，为 26.92%，肉小鸭前期和肉仔鸡前期饲料分别为 18.42%和 11.11%。肉小鸭前期饲料中 AFB_1 的平均含量最高，达到 8.14 μg/kg；肉仔鸡前期饲料最低，为 3.86 μg/kg；各类饲料间无显著差异（P>0.05）。

表 2　肉禽配合饲料中霉菌毒素检出情况

Table 2　The mycotoxin contamination of meat-type poultry feed

项目 Items	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /（μg/kg）	呕吐毒素 DON /（mg/kg）	玉米赤霉烯酮 ZON /（mg/kg）	伏马毒素 FB /（mg/kg）
样品数量 Number of samples	100	100	100	19
最大值 Maximum value	104.10	3.21	0.74	1.50
平均值 Average value	6.50±13.95	0.73±0.62	0.16±0.16	0.61±0.34
变异系数 CV/%	214.60	84.93	100.00	55.74
检出率 Detection rate/%	89.00	96.00	85.00	94.74
超标率 Over-limit rate/%	18	0	5	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	28.73±21.80	/	0.61±0.08	/

平均值为所有样品的平均值，未检出的样品含量按照 0 计算；检出率=超过检出限的样品数/总样品数；超标率=超过限量值的样品数/总样品数。

Average value was the average of all samples, the contents of undetected samples were 0; detection rate = number of samples exceeding the limit of detection / total number of samples; over-limit rate = number of samples exceeding the limit value / total number of samples.

肉仔鸡前期配合饲料中 DON 的检出率最高达到 100.00%，肉仔鸡后期和肉小鸭前期配合饲料中 DON 的检出率均在 90%以上。各类肉禽饲料中 DON 均未超标。肉小鸭前期（0.65 mg/kg）和肉仔鸡后期（0.66 mg/kg）饲料中 DON 平均含量接近，肉仔鸡前期饲料平均含量最高，为 0.87 mg/kg，3 种饲料之间无显著差异（P>0.05）。

由表 3 可知，肉仔鸡后期配合饲料中 ZON 的检出率最高，为 92.31%，3 种饲料产品中的 ZON 的超标率是 2.63%~7.69%。从各类饲料中 ZON 的平均含量来看，肉小鸭前期饲料最低，为 0.13 mg/kg，而肉仔鸡后期和肉仔鸡前期饲料中 DON 的平均含量分别为 0.19 和 0.18 mg/kg，3 种品种饲料中 ZON 的平均含量无显著差异（P>0.05）。

肉小鸭前期配合饲料中 FB 检出率最低，为 83.33%，其他品种饲料均为 100.00%，所有样品中 FB 均未超标。各品种肉禽配合饲料中 FB 平均含量无显著差异（P>0.05），肉仔鸡前期饲料中 ZON 的平均含量（0.70 mg/kg）高于肉仔鸡后期饲料（0.39 mg/kg）。

2.2　西南地区不同省市肉禽配合饲料中霉菌毒素的污染情况

由表 4 可知，西南地区肉禽配合饲料中 AFB_1 检出率为 89%，超标率为 18%，平均含量为 6.5 μg/kg。云南饲料中 AFB_1 的检出率（76.92%）最低，其余各省的检出率均在 90%以上，其中广西的检出率达到 100.00%。超标率从高到低依次为：重庆（40%）、云南（15.38%）、四川（14.29%）和广西（5.88%），贵州无超标样品。重庆饲料中 AFB_1 的平均含量（11.76 μg/kg）显著的高于贵州（1.11 μg/kg）（P<0.05），其他各省差异不显著（P>0.05）。

由表 4 可知，西南地区的肉禽配合饲料中 DON 的检出率为 96%，超标率为 0，平均含量为 0.73 mg/kg。其中四川、贵州和云南饲料中 DON 的检出率达到 100.00%。四川饲料中 DON 的平均含量最高，为 1.23 mg/kg，极显著的高于其他地区（P<0.01），其他地区饲料中 DON 平均含量无显著差异（P>0.05）。

由表 5 可知，西南地区肉禽配合饲料中 ZON 的检出率为 85%，超标率为 5%，平均含量为 0.16 mg/kg。其中广西饲料中 ZON 的检出率最低，为 58.82%，而贵州和云南检出率均

达到 100.00%。贵州、四川和云南饲料中 ZON 的超标率分别是 9.09%、9.52%和 7.69%，重庆和广西无超标样品。贵州、云南和四川饲料中 ZON 的平均含量极显著高于重庆和广西（P<0.01），贵州、云南和四川之间以及重庆和广西之间差异均不显著（P>0.05）。

如表 5 所示，FB 只测定了四川、重庆、广西和云南的部分肉禽饲料样品，检出率为 94.74%，超标率为 0，平均含量为 0.61 mg/kg。云南肉禽饲料中 FB 的检出率最低，为 83.33%，而四川、重庆和广西的检出率均高达 100.00%。各省市的饲料中 FB 的平均含量间无显著差异（P>0.05）。

2.3 不同规模饲料企业的霉菌毒素污染情况

由表 6 可知，大、中、小规模饲料厂的肉禽配合饲料中 AFB_1 的检出率均在 80%以上。从饲料中 AFB_1 的超标率和平均含量来看，小规模饲料厂饲料中 AFB_1 的污染水平均高于中、大规模饲料厂，但是 AFB_1 含量差异不显著(P>0.05)。其中，小规模饲料厂中肉小鸭前期配合饲料中 AFB_1 的平均含量（13.08 μg/kg）最高，已经超过了肉小鸭的限量值（≤10 μg/kg）。

由表 7 可知，3 种规模饲料厂肉禽配合饲料中 DON 的检出率均在 90%以上，大规模饲料厂饲料中 DON 的检出率（91.11%）和平均含量（0.6 mg/kg）均最低，小、中规模饲料厂饲料中 DON 平均含量接近，各规模厂饲料中 DON 平均含量无显著差异（P>0.05）。小、中规模饲料厂中肉仔鸡前期配合饲料中 DON 的平均含量最高。

由表 8 可知，中规模饲料厂饲料中 ZON 的检出率和超标率均最高。中、小规模饲料厂饲料中 ZON 平均含量接近，大规模饲料厂的含量（0.13 mg/kg）最低。3 种规模饲料厂无显著差异（P>0.05）。中规模厂中肉仔鸡前期饲料中 ZON 平均含量（0.24 μg/kg）最高，大规模饲料厂中肉仔鸡后期饲料中 ZON 平均含量（0.22 μg/kg）最高。

表 3　不同品种肉禽配合饲料产品中霉菌毒素污染情况

Table 3　The mycotoxin contamination of different meat-type poultry feeds

项目 Items	肉小鸭前期配合饲料 Duckling starter feed				肉仔鸡后期配合饲料 Broiler grower feed				肉仔鸡前期配合饲料 Broiler starter feed			
	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /(μg/kg)	呕吐毒素 DON /(mg/kg)	玉米赤霉烯酮 ZON /(mg/kg)	伏马毒素 FB /(mg/kg)	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /(μg/kg)	呕吐毒素 DON /(mg/kg)	玉米赤霉烯酮 ZON /(mg/kg)	伏马毒素 FB /(mg/kg)	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /(μg/kg)	呕吐毒素 DON /(mg/kg)	玉米赤霉烯酮 ZON /(mg/kg)	伏马毒素 FB /(mg/kg)
样品数量 Number of samples	38	38	38	6	26	26	26	3	36	36	36	10
最大值 Maximum value	104.10	3.21	0.74	0.98	55.64	1.79	0.60	0.72	31.78	3.21	0.60	1.5
平均值 Average value	8.14±18.81	0.65±0.57	0.13±0.16	0.58±0.32	7.74±12.82	0.66±0.57	0.19±0.16	0.39±0.29	3.86±6.87	0.87±0.70	0.18±0.16	0.70±0.36
变异系数 CV/%	231	87.7	123.1	55.2	165.6	86.4	84.2	74.4	178.0	80.5	88.9	51.4
检出率/% Detection rate	89.47	94.74	76.32	83.33	88.46	92.31	92.31	100.00	88.89	100.00	88.89	100.00
超标率/% Over-limit rate	18.42	0	2.63	0	26.92	0	7.69	0	11.11	0	5.56	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	36.93±31.28		0.74		25.17±13.74		0.60±0.01		20.58±9.15		0.56±0.06	

同种毒素同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)，不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)，相同或无字母肩标表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。

Different letter superscripts in the same row of the same toxin mean significant difference （$P<0.05$）, with different capital letter superscripts mean significant significant ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts means no significant difference （$P>0.05$）. The same as below.

表 4　不同地区肉禽饲料中 AFB_1 和 DON 的污染情况

Table 4　AFB_1 and DON distribution of meat-type poultry feeds in different regions

项目 Items	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1/(μg/kg)					呕吐毒素 DON/(mg/kg)				
	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*
样品数量 Number of samples	21	25	11	17	26	21	25	11	17	26
最大值 Maximum value	18.50	48.02	3.76	104.10	55.64	3.21	1.46	1.51	1.44	1.79
平均值 Average value	3.55 ± 5.40^{ab}	11.76 ± 12.95^{b}	1.11 ± 1.15^{a}	7.79 ± 24.89^{ab}	5.26 ± 11.76^{ab}	1.23 ± 0.96^{Bb}	0.47 ± 0.39^{Aa}	0.68 ± 0.42^{Aa}	0.55 ± 0.34^{Aa}	0.71 ± 0.46^{Aa}
变异系数 CV/%	152.1	110.1	103.6	320.0	223.6	78.0	83.0	61.8	61.8	64.8
检出率 Detection rate/%	90.48	92.00	90.90	100.00	76.92	100.00	88.00	100.00	94.12	100.00
超标率 Over-limit rate/%	14.29	40	0	5.88	15.38	0	0	0	0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	15.21±4.22	25.82±8.45		104.1	27.27±18.99					

表 5　不同地区肉禽配合饲料中 ZON 和 FB 的污染情况

Table 5　ZON and FB distribution of meat-type poultry feeds in different regions

项目 Items	玉米赤霉烯酮 ZON/(mg/kg)					伏马毒素 FB/(mg/kg)				
	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*
样品数量 Number of samples	21	25	11	17	26	5	4	0	4	6
最大值 Maximum value	0.74	0.17	0.60	0.14	0.60	1.50	0.65		0.99	0.98
平均值 Average value	0.22±0.20^{Bb}	0.07±0.06^{Aa}	0.21±0.15^{Bb}	0.05±0.05^{Aa}	0.26±0.15^{Bb}	0.74±0.49	0.54±0.15		0.74±0.19	0.48±0.37
变异系数 CV/%	90.9	85.7	71.4	100.0	57.7	66.2	27.8		25.7	77.1
检出率 Detection rate/%	95.24	72.00	100.00	58.82	100.00	100.00	100.00		100.00	83.33
超标率 Over-limit rate/%	9.52	0	9.09	0	7.69	0	0		0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	0.67±0.10		0.60		0.56±0.06					

表 6　不同规模饲料厂的肉禽配合饲料中 AFB_1 的污染情况

Table 6　The AFB_1 contamination of meat-type poultry feeds from different scale company

项目 Items	小 Small				中 Medium				大 Large			
黄曲霉毒素 B_1 AFB_1	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total
样品数量 Number of samples	16	5	5	26	7	9	13	29	15	12	18	45
最大值 Maximum value/(μg/kg)	104.10	21.72	5.17	104.10	18.50	20.49	23.41	23.41	22.37	55.64	31.78	55.64
平均值 Average value/(μg/kg)	13.08±27.61	11.08±10.12	1.81±2.00	10.53±22.22	3.57±6.66	4.95±8.77	5.30±7.38	4.77±7.44	5.00±7.15	8.44±16.39	3.39±7.41	5.28±10.43
变异系数 CV/%	211.1	91.3	110.5	211	186.6	177.2	139.2	156	143	194.2	218.6	197.5
检出率 Detection rate/%	81.25	80.00	80.00	80.77	100.00	77.78	92.31	89.66	93.33	100.00	88.89	93.33
超标率 Over-limit rate/%	25	60.00	0	26.92	14.29	22.22	23.08	20.69	13.33	16.67	5.56	11.11
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(μg/kg)	49.19±38.57	18.31±2.95		35.95±31.92	18.5	20.36±0.18	16.84±6.48	18.25±4.97	21.65±1.03	40.28±21.73	31.78	31.12±14.33

表 7　不同规模饲料厂的肉禽配合饲料中 DON 的污染情况

Table 7　The DON contamination of meat-type poultry feeds from different scale company

项目 Item	小 Small				中 Medium				大 Large			
呕吐毒素 DON	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total
样品数量 Number of samples	16	5	5	26	7	9	13	29	15	12	18	45
最大值 Maximum value/(mg/kg)	3.21	1.51	3.18	3.21	1.10	1.69	3.21	3.21	1.44	1.79	1.30	1.79
平均值 Average value/(mg/kg)	0.80±0.75	0.59±0.56	1.12±1.20	0.82±0.80	0.66±0.32	0.69±0.64	1.06±0.84	0.85±0.69	0.49±0.40	0.66±0.56	0.65±0.28	0.60±0.41
变异系数 CV/%	93.8	94.9	107.1	97.6	48.5	92.8	79.2	81.2	81.6	84.8	43.1	146.3
检出率 Detection rate/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	86.67	83.33	100.00	91.11
超标率 Over-limit rate/%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(mg/kg)												

表 8　不同规模饲料厂的肉禽配合饲料中 ZON 的污染情况

Table 8 The ZON contamination of meat-type poultry feeds from different scale company

项目 Items	小 Small				中 Medium				大 Large			
玉米赤霉烯酮 ZON	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total	肉小鸭前期 Duckling starter feed	肉仔鸡后期 Broiler grower feed	肉仔鸡前期 Broiler starter feed	合计 Total
样品数量 Number of samples	16	5	5	26	7	9	13	29	15	12	18	45
最大值 Maximum value/(mg/kg)	0.74	0.36	0.48	0.74	0.39	0.31	0.60	0.60	0.13	0.60	0.32	0.60
平均值 Average value/(mg/kg)	0.18±0.22	0.14±0.14	0.30±0.17	0.19±0.20	0.15±0.11	0.17±0.10	0.24±0.20	0.20±0.15	0.07±0.05	0.22±0.19	0.11±0.08	0.13±0.13
变异系数 CV/%	122.2	100.0	56.7	105.3	73.3	58.8	83.3	75.0	71.4	86.4	72.7	100.0
检出率 Detection rate/%	68.75	80.00	100.00	76.92	100.00	100.00	84.62	93.10	73.33	91.67	88.89	84.44
超标率 Over-limit rate/%	6.25	0	0	3.85	0	0	15.38	6.90	0	16.67	0	4.44
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(mg/kg)	0.74			0.74			0.56±0.06	0.56±0.06		0.60±0.01		0.60±0.01

3 讨 论

本次调查共检测了西南地区的100个肉禽配合饲料样品，4种霉菌毒素的污染均较普遍，DON、FB的检出率均在90%以上，而AFB_1和ZON的检出率较低，也接近90%。AFB_1超标率最高，为18%，ZON为5%，DON和FB未超标。肉禽饲料中霉菌毒素含量受肉禽饲料种类、地区和饲料厂规模的影响。

3.1 肉禽料种类对霉菌毒素含量的影响

3种肉禽料受AFB_1污染广泛。肉仔鸡后期饲料中AFB_1的超标率明显高于肉小鸭前期和肉仔鸡前期饲料，这表明AFB_1的超标率与饲料品种有关。从AFB_1的平均含量来看，肉小鸭前期和肉仔鸡后期饲料接近，且明显高于肉仔鸡前期饲料，但是肉仔鸡后期对AFB_1的耐受性高于肉小鸭前期，因此，综合来看，肉小鸭前期配合饲料中AFB_1的污染情况相对严重。张自强等[3]2009年报道全国家禽饲料中AFB_1的检出率和平均含量分别为100.00%和9.49 μg/kg，高于本次研究结果，这可能是因为随着企业对AFB_1危害的重视，一定程度上降低了黄曲霉毒素的污染。程传民等[4]发现我国2013年下半年玉米中AFB_1的超标率为3.61%，低于本次研究（18%），可能因为配合饲料中原料种类多，更容易受到污染。

我国一直有食用动物内脏的习惯，而肉鸡在生长代谢过程中，AFB_1的主要残留器官就是内脏，有研究表明[5]，肉鸡在饲喂AFB_1含量为24.71 μg/kg的饲粮时，肝脏中AFB_1的残留量达到20.52%。根据流行病学调查和试验研究结果，人每日摄入AFB_1的量不超过3 ng/kg BW才不致引起肝癌[6]，按照本次研究饲料中AFB_1的平均含量来看，倘若每人每天食用50~100 g肝脏，1个人的体重按50 kg，那么每日摄入AFB_1的总量分别为1.67~3.34 ng/kg BW（肉小鸭前期饲料）、1.58~3.17 ng/kg BW（肉仔鸡后期饲料）和0.79~1.58 ng/kg BW（肉仔鸡前期饲料），肉仔鸡前期饲料在安全范围，而肉小鸭前期和肉仔鸡后期饲料中AFB_1的含量已超安全值，而且本次研究的3种肉禽配合饲料中AFB_1的最高含量均大于24.71 μg/kg，因此虽然饲料中AFB_1的检出率和平均含量有所下降，但是黄曲霉毒素的污染情况依然不容

轻视，各企业应该进一步加强对 AFB_1 的监控。

DON 在肉禽配合饲料中广泛存在，其中肉仔鸡前期饲料检出率（100.00%）最高，肉小鸭前期和肉仔鸡后期接近，但是均未超标。甄阳光等[7]、王金勇等[8]分别调查了 2008 和 2012 年我国禽饲料中 DON 的污染情况，其中 DON 检出率和本次研究结果一致，但是平均含量相对较高，可能是因为 2008 年以前企业对 DON 的防治不够重视，而近年来随着检测技术的发展，企业对饲料中 DON 的防控力度加大，因此 DON 的污染情况减轻，且 2012 年多地报道爆发了小麦赤霉病，因此当年的 DON 水平较高。

肉小鸭前期饲料中 ZON 的检出率最低为 76.32%，而肉仔鸡后期饲料则达到 92.31%，可能因为肉小鸭对 ZON 比较敏感，因此在筛选饲料原料的时候对 ZON 的控制比较严格。程传民等[9]、雷元培等[10]调查发现，不同种类的饲料原料中 ZON 检出率有很大差异，与本次研究结果一致。相对于猪，家禽对 ZON 较不敏感，但是 ZON 在体内有一定的残留和蓄积，一般毒素代谢出体外的时间为半年之久[11]。本次研究表明虽然肉禽料中 ZON 的污染水平不高，但污染范围较广。

3.2　不同地区肉禽饲料中 AFB_1 的差异分析

重庆肉禽饲料中 AFB_1 的平均含量最高，为 11.76 μg/kg；贵州最低，为 1.11 μg/kg，可能因为重庆夏季温度高，秋季多雨，空气湿度大，更利于黄曲霉的生长。中国和东南亚送检的饲料相比[12]，中国饲料中 AFB_1 的污染较高，这种地域差异性与本次研究结果一致。重庆、四川、广西和云南的饲料中 AFB_1 的超标率均较高，广西饲料中 AFB_1 的最大值达到 104.1 μg/kg，王金勇等[8]2013 年报道禽饲料中 AFB_1 阳性平均值为 16 μg/kg，本次研究结果（28.73 μg/kg）明显高于王金勇等[8]的报道，这表明西南地区禽料中 AFB_1 污染更严重。

陈心仪[13]2011 年发现我国 18 省配合饲料（猪、家禽）中 DON 的检出率为 100.00%，和本次试验结果基本一致，但本次研究饲料中 DON 平均含量（0.73 mg/kg）略低于陈心仪[13]（0.88 mg/kg），可能原因如下：1）这几年企业对 DON 越来越重视，防控措施有所加强；

2）饲料品种不同。四川饲料中 DON 的平均含量高于重庆、云南、广西和贵州。DON 是一种田间毒素，生长需要合适的温度、湿度、氧气和能量。当谷物的水分含量为 22%、相对湿度在含量达 85%左右、温度为 20 ℃时，谷物即产生大量的 DON[14]。和其他地区相比，四川地区的作物播种、生长、收货时的温度和湿度最适合 DON 的生长和产毒，因此四川饲料中 DON 污染最严重。甄阳光等[7]2009 年对全国 11 省份饲料原料和产品调查发现 DON 含量存在地域差异，与本次研究结果一致。

广西的肉禽饲料中 ZON 含量最低，这可能是因为本次采样时间为秋季，广西秋季干燥少雨，不利于霉菌的生长，因此 ZON 污染较轻。王若军等[15]2003 年对全国全价饲料的调查发现 ZON 的含量为 0.084 mg/kg，低于本次结果（0.16 mg/kg），可能因为饲料品种和采样时间不同。杜妮[16]2014 年对全国饲料及原料中 ZON 调查发现，饲料中 ZON 的平均含量接近，这表明西南地区肉禽饲料中 ZON 的污染情况和全国基本一致。

各地区的肉禽饲料中 FB 检出率非常高，但均未超标，且平均含量远低于限量标准，不同地区的平均含量有差异，这表明虽然 FB 在西南地区污染广泛，但是污染水平较低。

3.3 不同规模饲料厂的肉禽配合饲料中霉菌毒素的差异分析

各规模厂的肉禽饲料受 AFB_1 的污染比较广泛。从超标率和平均含量来看，中小规模饲料厂的饲料受 AFB_1、ZON 和 DON 的污染比大规模饲料厂严重。其中小规模饲料厂中肉小鸭前期配合饲料中 AFB_1 的平均含量已经超标，这可能是因为大规模饲料厂对原料选择空间较大，资金充足，实验室检测设施相对较齐全，因此对肉禽配合饲料产品中霉菌毒素的防控工作做的更好。

4 小 结

①本次研究发现西南地区肉禽配合饲料中 AFB_1、DON、ZON 和 FB 的检出率分别为 89%、96%、85%和 94.74%，AFB_1 和 ZON 的超标率分别为 18%和 5%，而 DON 和 FB 均未超标。AFB_1、DON、ZON 和 FB 平均含量分别为 6.5 μg/kg、0.73 mg/kg、0.16 mg/kg 和 0.61

mg/kg。

②肉禽饲料中霉菌毒素的含量随着饲料品种、地区、饲料厂规模的不同而变化，其中肉小鸭前期饲料中 AFB_1 平均含量最高，肉仔鸡前期饲料中 DON 和 FB 平均含量最高，肉仔鸡后期饲料中 ZON 平均含量最高；重庆饲料中 AFB_1 平均含量最高，四川饲料中 DON 和 ZON 平均含量最高，广西饲料中 FB 平均含量最高；小规模厂饲料中 AFB_1 平均含量最高，中规模饲料厂中 DON 和 ZON 平均含量最高。

参考文献：

[1] 敖志刚,陈代文.2006~2007 年中国饲料及饲料原料霉菌毒素污染调查报告[J].中国畜牧兽医,2008,35(1):152–156.
[2] 赵丽红,马秋刚,李笑樱,等.抽样调查北京地区猪场饲料及饲料原料赭曲霉毒素 A 污染状况[J].动物营养学报,2012,24(10):1999–2005.
[3] 张自强,柏凡,张克英,等.我国饲料中黄曲霉毒素 B_1 污染的分布规律研究[J].中国畜牧杂志,2009,45(12):27–30.
[4] 程传民,柏凡,王宇萍,等.2013 年黄曲霉毒素在饲料原料中的污染分布规律[J].中国饲料,2014(17):39–41,44.
[5] 黄晓琳.霉菌毒素在肉鸡体内残留及其控制研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江工商大学,2012.
[6] 陆培新,张启南,王金兵,等.乙肝病毒和黄曲霉毒素与肝癌发生的关系[J].中国肿瘤,1999,8(7):305–306.
[7] 甄阳光,柏凡,张克英,等.我国主要饲料原料及产品中呕吐毒素污染分布规律研究[J].中国畜牧杂志,2009,45(8):21–24.
[8] 王金勇,刘颖莉,关舒.2012 年中国饲料和原料霉菌毒素检测报告[J].中国畜牧杂志,2013,49(4):29–34.
[9] 程传民,柏凡,李云,等.2013 年玉米赤霉烯酮在饲料原料中的污染分布规律[J].中国畜牧杂志,2014,50(16):68–72.
[10] 雷元培,马秋刚,谢实勇,等.抽样调查北京地区猪场饲料及饲料原料玉米赤霉烯酮污染状况[J].动物营养学报,2012,24(5):905–910.
[11] 涂华荣,齐德生.玉米赤霉烯酮的危害及其防治[J].饲料广角,2003(8):5–7.

[12] CHEN H Y,RAWLINGS R,奥特奇.亚洲地区饲料原料和配合饲料中霉菌毒素水平的调查[J].饲料研究,2008(9):28–31.

[13] 陈心仪.2009–2010 年中国部分省市饲料原料及配合饲料的霉菌毒素污染概况[J].浙江畜牧兽医,2011(2):7–10.

[14] 李群伟,李德安,孟宪清,等.影响镰刀菌生长与产毒的基本因素的研究[J].中国地方病学杂志,1998,17(6):355–358.

[15] 王若军,苗朝华,张振雄,等.中国饲料及饲料原料受霉菌毒素污染的调查报告[J].饲料工业,2003,24(7):53–54.

[16] 杜妮.2013 年我国部分地区饲料及原料霉菌毒素污染调查报告[J].今日养猪业,2014(3):48–52.

Mycotoxin Distribution of Meat-type Poultry Feeds in Southwest China

LI Yaling[1] WANG Jianping[1] LI Yun[2] DING Xuemei[1] BAI Shiping[1] ZENG Qiufeng[1]

CHENG Chuanmin[2] GAO Qingjun[2] BAI Fan[2*] ZHANG Keying[1*]

(1. *Institute of Animal Nutrition*, *Sichuan Agricultural University*, *Chengdu* 611130, *China*; 2. *Feed Products Quality Monitoring Center of the Agricultural Ministry of China* (*Chengdu*), *Chengdu* 610041, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study on the mycotoxins contamination of meat-type poultry feeds in southwest area of China. A total of 100 feed samples from different area (*Sichuan*, *Chongqing*, *Guizhou*, *Guangxi* and *Yunnan*) of southwest were obtained to determine the contents of aflatoxin B_1 (AFB_1), zearalenone (ZON), deoxynivalenol (DON) and fumonisin (FB). To determine the contents of mycotoxins, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and high performance liquid chromatography (HPLC) were used. The results showed as follows: the detection rates of AFB_1, DON, ZON and FB in meat-type poultry feeds were 89%, 96%, 85% and 94.74%, respectively. The over-limit ratios of AFB_1 and ZON were 18% and 5%, while DON and FB were not observed to exceed the limits. The average contents of AFB_1, DON and ZON in feed of different area were different, *Chongqing* had the highest average content of AFB_1 (11.76 μg/kg), *Sichuan* had the highest average content of DON (1.23 mg/kg), and *Yunnan* had the

highest average content of ZON (0.26 mg/kg). The highest average content of AFB_1 was found in duckling starter feed, followed by broiler starter feed and broiler grower feed. The broiler starter feed had the highest average content of DON and FB. The average contents of these four mycotoxins had no difference in different feed type (P>0.05). The small-scale feed company (between 20 000 t and 50 000 t per year) had higher average content of AFB_1, DON and ZON than the big-scale feed company (more than 100 000 t per year), but there were no significant difference (P>0.05). In conclusion, the mycotoxin (AFB_1, DON, ZON and FB) contamination problem is common in southwest of China, with the AFB_1 has the highest over-limit ratio. The contents of these four mycotoxins detected in the layers feed are influenced by different location, feed types and scales of the feed mills.

Key words: meat-type poultry; feeds; mycotoxins; southwest region; distribution

---

*Corresponding authors: BAI Fan, professor, E-mail: baifan-111@163.com; ZHANG Keying, professor, E-mail: zkeying@sicau.edu.cn (责任编辑　武海龙)